

5. Зах, Р.Г. Котельные установки [Текст]/Р.Г. Зах. - М.: Энергия, 1968. - 352 с.
6. Стырикович, М.А. Котельные агрегаты [Текст]/М.А. Стырикович, К.Я. Катковская, Е.П. Серов. - М.: Госэнергоиздат, 1959. - 487 с.
7. Котлер, В.Р. Специальные топки энергетических котлов [Текст]/В.Р. Котлер. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 104 с.
8. Перепелкин, А.В. Факторы оптимизации предтопка с циркулирующим аэрофонтанирующим слоем и реактором термодеструктивного пиролиза [Текст]/А.В. Перепелкин, С.В. Карамнова, Н.В. Чернявский, И.А. Вольчин // Твердотопливные энергетические технологии: Тез. докл. науч.-техн. семинара "Проблемы преобразования энергии и использования органического топлива в энергетике". - Киев: Знание, 1992. - С.9-11.
9. Чернявский, Н.В. Оптимизация режимов работы и экологических показателей термодеструктивного пиролизера энергоустановок с циркулирующим слоем [Текст]/Н.В. Чернявский, С.Г. Дулиенко, Л.С. Гапонич // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 1998. - № 6(3). - С.17-20.
10. Гапонич, Л.С., Використання термодеструктивного піролізу при двоступеневій термічній переробці кам'яного та бурого вугілля [Текст]/Л.С. Гапонич, М.В. Чернявський // Экотехнологии и ресурсосбережение. - 2000. - № 6(4). - С. 41-46.

Наведено результати експериментальних досліджень теплообміну малорядних шахових пучків гвинтоподібних труб в діапазоні зміни чисел Рейнольдса від 5000 до 70000. Отримані дані показали збільшення інтенсивності теплообміну при переході від першого до другого – третього рядів пучка. Отримана залежність для розрахунку поправки, що враховує вплив на теплообмін числа поперечних рядів труб у пучку

Ключові слова: труба, пучок, малорядний, гвинтоподібна поверхня, теплообмін, розрахунок

Приведены результаты экспериментальных исследований теплообмена малорядных шахматных пучков винтообразных труб в диапазоне изменения чисел Рейнольдса от 5000 до 70000. Полученные данные показали увеличение интенсивности теплообмена при переходе от первого ко второму – третьему рядам пучка. Получена зависимость для расчета поправки, которая учитывает влияние на теплообмен числа поперечных рядов труб в пучке

Ключевые слова: труба, пучок, малорядный, винтообразная поверхность, теплообмен, расчет

1. Вступ

Малорядні пучки труб зазвичай застосовують в калориферах для лісосушильних камер, попереднього підігріву повітря в котлах, в системах вентиляції, кондиціонування і повітряного опалювання громадських будівель і промислових підприємств. Число поперечних рядів труб z_2 за напрямом руху повітря в таких пристроях зазвичай складає 1-4 [1].

Відсутність рекомендацій з визначення впливу кількості поперечних рядів труб z_2 на теплообмін пучків призводить до суперечливих конструкторських рішень при проектуванні теплообмінних пристроїв.

У зв'язку з цим, важливими та актуальними є питання розробки узагальненої залежності для роз-

рахунку коефіцієнта, що враховує вплив кількості поперечних рядів z_2 на тепловіддачу пучків з нових теплообмінних елементів у вигляді гвинтоподібних труб. Неврахування впливу цього фактора призводить до невіправданого заниження або завищення площі теплообмінної поверхні та відповідно змінення маси трубчастої частини теплообмінника [1].

2. Об'єкт досліджень

Для досліджень впливу на теплообмін числа поперечних рядів шахових пучків гвинтоподібних труб [2, 3] застосовувалися експериментальні зразки двох типорозмірів (рис. 1), основні геометричні характеристики яких наведені у табл. 1.

УДК 536.24:533.6.011

ТЕПЛОБМІН МАЛОРИДНИХ ПУЧКІВ ГВИНТОПОДІБНИХ ТРУБ

С. А. Рева*

E-mail: reva_Sergey89@mail.ru

В. А. Рогачов

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: teram57@meta.ua

О. М. Терех

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник*

E-mail: teram57@meta.ua

О. В. Алфьорова

Науковий співробітник

Науково-дослідний інститут телекомунікацій**

E-mail: alolga@meta.ua

*Кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

**Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна 03056

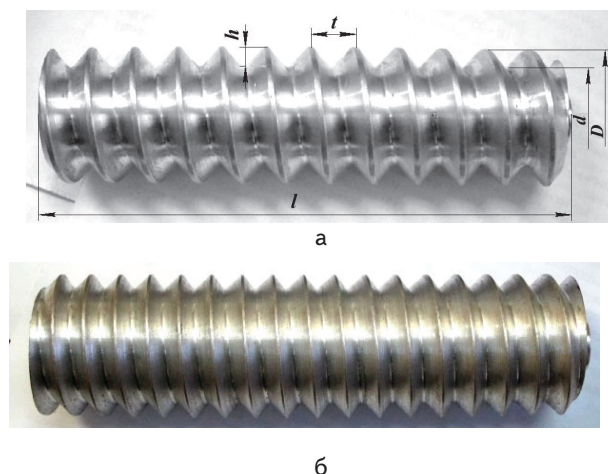


Рис. 1. Моделі труб з гвинтоподібною поверхнею:
а) модель труби типу 1; б) модель труби типу 2

Таблиця 1

Геометричні характеристики моделей труб

| Тип труб | l , мм | D , мм | d , мм | t , мм | h , мм | ψ | $H_{f,пл}$, M^2/M |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|-------------------------|
| 1 | 140 | 38 | 28 | 12 | 5 | 1,163 | 0,1388 |
| 2 | 140 | 38 | 31 | 8 | 3,5 | 1,241 | 0,1481 |

3. Методика досліджень

Дослідження малорядних шахових пучків при поперечному їх обтіканні повітряним потоком здійснювалися на експериментальній установці, яка представляє собою аеродинамічну трубу розікненого типу прямокутного перетину за методиками з теплообміну та аеродинаміки, що детально викладені в роботі [4]. Обробка експериментальних даних проводилась у вигляді безрозмірних визначальних параметрів.

4. Результати досліджень та їх аналіз

Вплив числа поперечних рядів труб на теплообмін пучків зазвичай враховується поправкою C_z в рівнянні подібності [5 – 8]

$$Nu = C_z C_q Re^m. \quad (1)$$

Експериментальні дослідження теплообміну у вхідних рядах шахових пучків проведені шляхом послідовного видалення поперечних рядів багаторядного пучка ($z_2 = 6$). Таким чином, визначалися значення чисел Нуссельта для 1-о, 2-х, 3-х, 4-х, 5-и рядних компоновувань пучка. Дослідження впливу на теплообмін числа поперечних рядів труб проведені для двох пучків труб типу 1 та 2, які мали однакові поперечні і подовжні кроки між трубами ($S_1 = S_2 = 70$ мм). Пучок складався з 3-х труб в одному поперечному ряді ($Z_1 = 3$) та 6-и поперечних рядів ($Z_2 = 6$). Значення поправки C_z обчислювалися за середніми коефіцієнтами тепловіддачі десятирядних пучків.

Оброблення експериментальних даних для шахових пучків показало збільшення інтенсивності теплообміну при переході від першого до другого - третього рядів пучка, що можна пояснити зростанням ступеня турбулентності потоку по мірі просування його вглиб пучка (вниз за потоком) (рис. 2, 3).

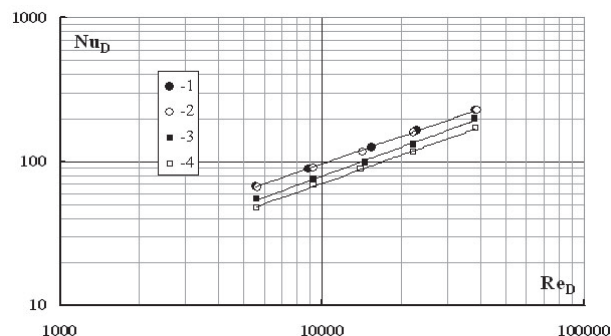


Рис. 2. Залежність чисел Нуссельта від чисел Рейнольдса для вхідних рядів шахового пучка труб типу 1:1 - п'ятий ряд, 2 - третій, 3 - другий; 4 - перший

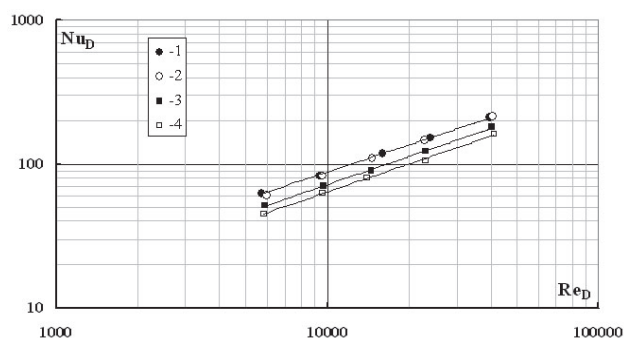


Рис. 3. Залежність чисел Нуссельта від чисел Рейнольдса для вхідних рядів шахового пучка типу 2: 1- п'ятий ряд, 2- третій, 3- другий; 4 - перший

На рис. 4 нанесені експериментальні дані залежності поправки C_z від числа рядів z_2 для шахових пучків труб з гвинтоподібною або рівнорозвиненою поверхнею для труб типу 1 і 2.

На цьому ж рисунку для порівняння нанесені і криві $C_z = f(z_2)$ для шахових (крива 2 з $S_1/S_2 > 2$, крива 3 з $S_1/S_2 < 2$) пучків круглих труб з шайбовим і спірально-стрічковим оребрением [7, 8], а також залежності поправки для малорядних гладких круглих труб [9, 10]. Значення C_z у цих випадках при збільшенні z_2 зростають, як і для пучків гвинтоподібних труб. Дослідні дані для цих пучків практично співпадають з кривою 3 для $S_1/S_2 > 2$, хоча для них $S_1/S_2 = 1$ і дані за логікою повинні бути біля кривої для $S_1/S_2 < 2$. Цей факт каже про те, що короткі, так звані ребра-виступи поверхні труби (рис. 1), створюють при їх обтіканні підвищену турбулентність потоку вздовж гвинтоподібної поверхні. Крім того, в цьому випадку відсутнє істотне витиснення потоку з міжреберної порожнини, тому і інтенсивність теплообміну збільшена в порівнянні з пучками кругло-ребрих труб зі спірально-стрічковим оребрением при $S_1/S_2 < 2$ та пучками гладких труб при $S_1/d < 3$. Таку досить велику розбіжність кривих 2 і 3 можна пояснити тим, що для шахових пучків з $S_1/S_2 < 2$ стабілізація

течі і теплообміну відбувається значно швидше, ніж для пучків в яких параметр $S_1/S_2 > 2$.

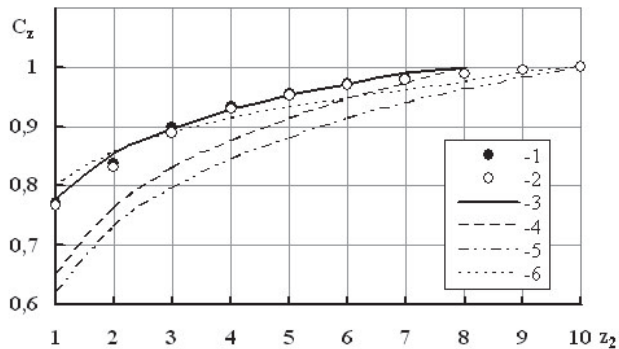


Рис. 4. Залежність поправки C_z від числа поперечних рядів труб z_2 : 1 – пучок №1 гвинтоподібних труб типу 1; 2 – пучок №2 гвинтоподібних труб типу 2; 3 – шахові пучки кругло-ребрих труб при $S_1/S_2 > 2$ [7, 8]; 4 – шахові пучки кругло-ребрих труб при $S_1/S_2 < 2$ [7, 8]; 5 – шахові пучки гладких круглих труб з $S_1/d < 3$ [9, 10]; 6 – шахові пучки гладких круглих труб з $S_1/d \geq 3$ [9, 10]

З вищезгаданого слідує, що для розрахунку поправочного коефіцієнту, щодо урахування малорядності пучків гвинтоподібних труб можна використовувати розрахункові залежності для коефіцієнту C_z шахових пучків з круглих труб з шайбовим і спіральним стрічковим оребреннями [7, 8] для випадку $S_1/S_2 > 2$.

При $z_2 < 8$ та $S_1/S_2 > 2$

$$C_z = 3.5z_2^{0.03} - 2.72. \quad (2)$$

Для пучків при $z_2 \geq 8$ поправка $C_z = 1$.

Точність розрахункових значень C_z становить $\pm(3-4)\%$.

5. Висновки

- Вхідні ряди істотно впливають на інтенсивність теплообміну пучків гвинтоподібних труб. Цей вплив виявляється тим більше, чим менше число поперечних рядів труб у пучку.
- При розрахунках і проектуванні малорядних трубчастих теплообмінників, наприклад калориферів, теплообмінних секцій АВО і ін. невраховування впливу вхідних рядів труб може привести до заниження поверхні нагріву, що у свою чергу приводить до зростання температури внутрішнього теплоносія на виході (при його охолодженні) і до зниження надійності теплообмінного апарату в цілому.
- Величину поправки C_z , яка враховує вплив на теплообмін числа поперечних рядів гвинтоподібних труб пропонується визначати за формулою (2), як і для шахових пучків кругло-ребрих труб [4].

Література

- Кунтыш, В.Б. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения [Текст]/ В.Б. Кунтыш, Н.М. Кузнецов. – С-Пб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербург. отд., 1992. – 280 с.
- Pis'mennyi, E.N. Ways for Improving the Tubular Heaters Used in Gas Turbine Units/ E.N. Pis'mennyi [Текст]// Thermal Engineering. – 2012. – V.59. - №6. – pp.485-490.
- Патент на корисну модель №67783 Україна, МПК F28F1/08. Теплообмінна труба/Є.М. Письменний, О.М. Терех, О.І Руденко, О.П. Ніщик, О.В. Баранюк; заявник та володар патенту на корисну модель НТУУ "КПІ" – u201108293; заявл. 01.07.2011; опубл. 12.03.2012. Бюл. №5.
- Письменний, Е.Н. Конвективный теплообмен поперечно-омываемых шахматных пакетов плоскоовальных труб [Текст]/ Е.Н. Письменний, В.А. Кондратюк, Ю.В. Жукова, А.М. Терех// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №2/8 (50). – С. 4-8.
- Юдин, В.Ф. Теплообмен поперечно оребренных труб [Текст]/ В.Ф. Юдин – Л.: Машиностроение, 1982. – 189 с.
- Письменний, Е.Н. Теплообмен и аэродинамическое сопротивление малорядных пучков плоско-овальных труб с неполным оребрением [Текст]/ Е.Н. Письменний, А.М. Терех, А.В. Баранюк, В.Д. Бурлей// Промышленная теплотехника. – 2010. – Т.32. – №5. – С. 34-41.
- Письменний, Е.Н. Расчет конвективных поперечно-оребранных поверхностей нагрева [Текст]/ Е.Н. Письменний – Киев: Альтерпрес, 2003. – 184 с.
- Письменний, Е.Н. Теплообмен и аэродинамика пакетов поперечно-оребранных труб [Текст]/ Е.Н. Письменний – Киев: Альтерпрес, 2004. – 244 с.
- Тепловой расчет котельных агрегатов: нормативный метод/под ред. Н.В. Кузнецова. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
- Тепловой расчет котлов: нормативный метод. Издание 3-е, переработанное и дополненное. Издательство НПО ЦКТИ, СПб. – 1998. – 256 с.